

6. Пат. 2322398 Россия, МПК С 02 F 1/66 (2006.01), С 02 F 1/58 (2006.01). Способ очистки сточных вод от сульфат-ионов: ОАО Межотрасл. н.-и. и проект-технол. ин-т экол. топлив-энергетич. Комплекса / Ким М.П., Молодчик Г.Л., Агапов А.Е., Азимов Б.В., Навитый А.М. – № 2006134812/15; заявл. 02.10.2006; опубл. 20.04.2008.
7. Рисухін, В.В. Переробка концентратів, що утворюються при нанофільтраційному очищенні вод з підвищеною мінералізацією / В.В. Рисухін, Т.О. Шаблій, М.Д. Гомеля // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2011.Т.5, №3 (53) – С. 51-55.
8. Рисухін В.В. Очищення від сульфатів вод з підвищеною мінералізацією і жорсткістю / В.В. Рисухін, Т.О. Шаблій, В.С. Ка- таєв, М.Д. Гомеля // Екологічна безпека. – 2011. – №2. – С. 70-75.

### Abstract

*This article describes different ways of sulfate ions removing from wastewaters, which are formed at enterprises of ferrous and non-ferrous metallurgy, oil and gas industry, heat-and-power engineering, during sulfuric acid and fertilizers' production. There are the results as to the effect of consumption of aluminum coagulants on the efficiency of sulfate recovery when softening water with lime. It was determined that increasing the concentration of sulfates in an equivalent amount increases the consumption of coagulant and lime. It was shown that in order to reduce the consumption of coagulant the residual concentration of sulfates can be reduced up to  $20 \div 30$  mg-equivalent/dm<sup>3</sup> at processing only by lime. The residual alkalinity and water hardness can be adjusted by carbonic acid feeding, or by correlation of sodium hydroxoaluminat and aluminum hydroxochloride. Thus, the development of effective reagent methods using aluminum coagulants for effective treatment of sulfate-containing waters from sulfate ions and hardness ions can solve the problem of drinking water supply for areas, where there is a shortage of it.*

**Keywords:** water demineralization, softening, coagulant, codeposition

В статті проаналізовано причини виникнення надзвичайних ситуацій масової загибелі риби. Визначено основні тенденції змін значень середньорічних температур повітря в Харківській області. Проаналізовано якісний стан басейну річки Лопань на основі визначення потенційного ризику здоров'ю населення за період з 1924 року по 2010 рік та зроблено прогноз зміни цього показника методом подвійного експоненціального згладжування

**Ключові слова:** масова загибель риби, зміни клімату, водні об'єкти, ризик здоров'ю населення, метод Хольта

В статье проанализированы причины возникновения чрезвычайных ситуаций массовой гибели рыбы. Определены основные тенденции изменений значений среднегодовых температур воздуха в Харьковской области. Проанализировано качественное состояние бассейна реки Лопань на основе определения потенциального риска здоровью населения за период с 1924 года по 2010 год и сделан прогноз изменения этого показателя методом двойного экспоненциального сглаживания

**Ключевые слова:** массовая гибель рыбы, изменения климата, водные объекты, риск здоровью населения, метод Хольта

УДК 502.5.+614.7:556.531

## АНАЛІЗ ПРИЧИН ВИНИКНЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ МАСОВОЇ ЗАГИБЕЛІ РИБИ В ХАРКІВСЬКІЙ ОБЛАСТІ

**О. В. Рибалова**

Кандидат технічних наук, доцент\*

Контактний тел.: (057) 392-03-60

E-mail: olga.rybalova@mail.ru

**С. В. Бєлан**

Кандидат технічних наук, доцент

Контактний тел.: (057) 707-34-57

\*Кафедра охорони праці і техногенно-екологічної безпеки

Національний університет

цивільного захисту України

вул. Чернишевського, 94, м. Харків, Україна, 61002

### 1. Вступ

Замори риби відбуваються по всьому світу. В Україні колосальна кількість промислової риби та її молоді щорічно гине у багатьох водоймах.

В Харківській області масова загибель риби спостерігається протягом останніх 10 років. Так,

24.03. 2011 у водоймі Уплатнівської сільської ради Близнюківського району було виявлено близько 100 тонн загиблої риби. Головним державним управлінням охорони, використання і відтворення водних живих ресурсів та регулювання рибальства у Харківській області були розраховані збитки, заподіяні рибному го-

сподарству внаслідок загибелі водних живих ресурсів на суму більше 10 млн. грн.

За результатами лабораторного обстеження проб води встановлено перевищення нормативів для водойм рибогосподарського призначення по амонію сольовому (у 60 разів), фосфатам (у 64 рази), сульфатах (6,85 рази) та іншим речовинам. Крім того, вміст кисню у ставку був удвічі нижче мінімальної норми.

22.07.2011 року в м. Люботині в місцевому ставку стався масовий мор риби. За даними Державної екологічної інспекції Харківської області 21 липня 2011 року зафіксовано загибель понад 13 тисяч одиниць карася, 165 - товстолобика. Збиток, нанесений рибному господарству, перевищує 3,8 млн. грн.

10.08. 2012 року у річках м. Харкова Лопані та Харкові сплила риба. На думку фахівців Держсанепідстанції виною всьому надзвичайно спекотна погода. Спека спровокувала брак кисню у воді і риба почала задихатися.

Таким чином, основними причинами масової загибелі риби в останні роки фахівці визначають підвищення середньорічної температури та забруднення водних об'єктів. Тому стаття присвячена надзвичайно актуальній проблемі, яка потребує негайного вирішення.

## 2. Постановка проблеми

Масова загибель риби є одним із показників, що має найбільше значення при виникненні надзвичайної ситуації на водному об'єкті і демонструє неблагополуччя водної екосистеми та загрози для господарського водокористування.

Події останніх років свідчать про те, що на багатьох водоймах Харківської області склалась надзвичайна ситуація в зв'язку з заморами риби, що потребує термінового проведення досліджень і з'ясування причин цього явища.

Тому представлені в статті дослідження змін клімату та прогнозування якісного стану найбільш забрудненої річки в Харківській області – річки Лопань є дуже актуальним для запобігання виникнення в подальшому надзвичайних екологічних ситуацій на водних об'єктах.

## 3. Аналіз останніх досліджень і публікацій

Дослідженню причин масової загибелі риби присвячено роботи видатних українських та зарубіжних вчених [1-4]. Аналіз випадків масової загибелі риби у водних об'єктах України [1] дозволяє визначити основні фактори, що зумовлюють масову загибель риби у водоймах [4]:

- токсикози риби, в тому числі отруєння токсинами водоростей;
- інфекційні та інвазійні захворювання;
- заморні явища;
- різкі перепади температури води у водоймі;
- нестача або недоступність кормових ресурсів;
- значні порушення гідрологічного та гідрохімічного режимів.

Аналіз причин виникнення надзвичайних ситуацій, які пов'язані із загибеллю риби на водосховищах

Харківської області показав, що основною причиною цього явища є погіршення екологічного стану водних об'єктів, коливання рівневого режиму та потепління клімату, що впливає як на гідрологічний, так і на гідрохімічний режим поверхневих вод.

Тому стаття присвячена дослідженню змін клімату в межах Харківської області з визначенням основних тенденцій змін значень середньорічних температур повітря та річної кількості опадів і прогнозу якісного стану водотоків басейну річки Лопань, що є надзвичайно актуальною задачею при розробці науково – обґрунтованих заходів щодо попередження масової загибелі риби.

## 4. Постановка завдання та його вирішення

Як показує статистика, близько 90% всіх випадків загибелі риби в рибгоспах України викликано порушеннями кисневого режиму, 5% є наслідком токсикозів, і 5% викликано захворюваннями. Найбільш чутливі до кисню холодноводні риби: лососеві, сігові, осетрові, а також окунь, судак, інші хижі риби. Найменш вимогливі карась, лин, короп. Зона фізіологічного комфорту для більшості видів риб - від 70% до 100% від нормального насичення. Якщо вміст кисню нижче, риба гірше зростає, менш продуктивно використовує корми, знижується її фізіологічна активність. Падіння кисню нижче допустимого рівня - сильний стрес, слідом за яким часто виникають ті чи інші захворювання. При високій температурі води водорості в водоймі розкладаються, поглинаючи велику кількість кисню. До того ж, якщо температура води різко змінюється з дна водоймища піднімається сірководень. Це явище стало причиною екологічної катастрофи в ставку біля міста Люботин.

Підвищення температури повітря, особливо в літній період приводить до порушеннями кисневого режиму, тому визначення тенденцій змін клімату є надзвичайно важливою задачею.

На території Харківської області розташовано 10 гідрометеорологічних станцій: метеостанція Золочів, Великий Бурлук, Богодухів, Куп'янськ, Коломак, Красноград, Комсомольське, Ізюм, Лозова та метеостанція Харків. Аналіз даних метеорологічних спостережень за останні 60 років показує, що клімат Харківської області на цей час знаходиться в стадії змін (рис.1), причиною яких значною мірою є природні фактори, а також антропогенний тиск на навколишнє природне середовище. Ці зміни призводять до екстремальних метеорологічних і кліматичних явищ, і як наслідок – до несприятливих умов для життя і діяльності людини, порушення екологічної стійкості природних екосистем.

Аналіз динаміки температури повітря показав, що в цілому за останні 60 років виявляється тенденція до незначного зростання середньорічних температур. За даними метеостанцій Харківської області серед масиву даних, представлених на рис. 1 виділені роки з аномально високим відхиленням середньорічних температур повітря від середніх багаторічних, як у бік підвищення, так і пониження [5].

За останні 30 років спостерігався тільки один холодний рік. Відхилення середньорічної температури від середнього багаторічного показника склало 2,4°C. Та-

ким чином, можна спрогнозувати, що при збереженні тенденції підвищення температури повітря на півночі Харківської області стане посушливіше, а на півдні вологіше.

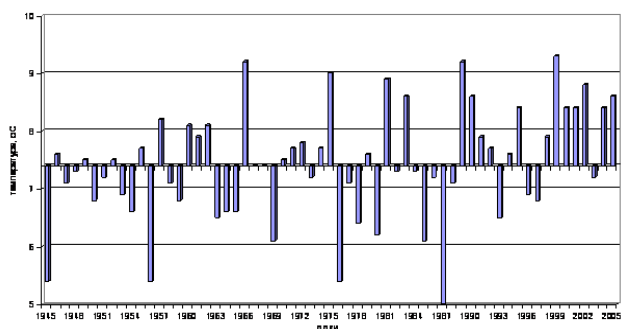


Рис. 1. Відхилення середньорічних температур від багаторічного показника за даними метеостанцій Харківської області

Як було вказано вище, зміни клімату впливають на гідрохімічний та гідрологічний режими водоймищ, що є важливою причиною масової загибелі риб.

Аналіз якісного стану річок Харківської області показав, що найбільш забрудненими є водотоки басейну річки Лопань [6]:

Річка Лопань належить до басейну р.Сіверський Донець, що є найбільшою річкою в Харківській області, на долю якого припадає 95,9 % всієї забраної води (335,8млн.м<sup>3</sup>), 89,3 % використаної підземної води (41,79млн.м<sup>3</sup>), 83,4 % без повторного використання (159,7 млн.м<sup>3</sup>), та 74,2 % всіх забруднених зворотних вод (14,48 млн.м<sup>3</sup>) [7]

Для оцінки якісного стану поверхневих вод обчислюється потенційний ризик здоров'ю населення при рекреаційному використанні а формулою [6]:

$$\text{Prob} = -2 + 3,32 \lg \frac{C_i}{C_{гдк}}, \quad (1)$$

де  $C_i$  - концентрація  $i$  – ї речовини у водному об'єкті;  $C_{гдк}$  - норматив для води водних об'єктів рекреаційного водокористування.

$\text{Prob}$  пов'язаний з імовірністю (ризиком) відповідно до закону нормального імовірнісного розподілу

При трактуванні отриманих величин ризику здоров'ю населення користаються наступною ранговою шкалою (табл.1).

Таблиця 1

Залежність ваги ефектів від величини ризику здоров'ю населення

Risk	Клас	Характеристика ризику
<0,1	1	незначний вплив на здоров'я населення
0,1 – 0,19	2	слабкий вплив, граничні хронічні ефекти
0,2 – 0,59	3	значний вплив, важкі хронічні ефекти
0,6 – 0,89	4	великий вплив, важкі гострі ефекти
0,9 – 1,0	5	дуже великий вплив на здоров'я населення

Оцінка ризику здоров'ю населення дозволяє рангувати ризики за окремими забруднюючими речовинами з метою встановлення причини забруднення на основі ідентифікації найбільш небезпечних джерел антропогенного впливу на стан довкілля. Динаміка змін ризику здоров'ю населення у басейні річки Лопань за 1992, 2003 та 2010 роки представлена на рис. 2.

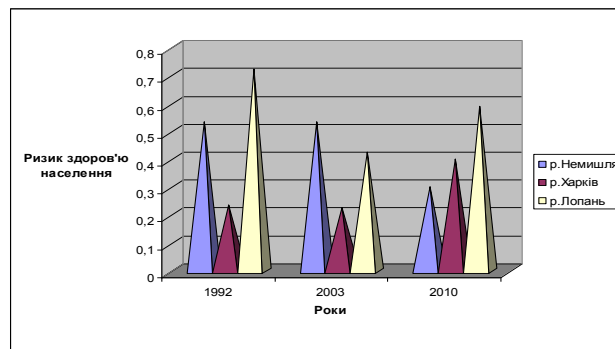


Рис.2. Динаміка змін ризику здоров'ю населення у річках Харківської області

Проаналізувавши потенційний ризик здоров'ю населення по даним аналітичного контролю якісного стану річки Лопань за 1924 – 2010 роки в динаміці ми дійшли таких висновків: р. Лопань з 1992 року по 2010 рік відносилась до 3 класу зі значним впливом на здоров'я населення, у 1924-25 та у 1977 роках вона відносилась до 4 класу з великим впливом на здоров'я населення, а у 1984 році вона належала 5 класу з дуже великим впливом на здоров'я населення.

На основі визначення динаміки змін ризику здоров'ю населення при рекреаційному водокористуванні річки Лопань за допомогою методу подвійного експоненціального згладжування (метод Хольта) зроблено прогноз якісного стану р. Лопань до 2012 року.

Модель Хольта застосовуються для побудови прогнозів для часових рядів з урахуванням тренда. Тут ігноруються зміни, викликані випадковими чинниками, а останнім вихідним значенням надається більша вага в порівнянні з ранніми значеннями. При цьому мається на увазі, що всі основні фактори, що впливають на досліджуваний показник, продовжують свою дію на горизонті прогнозування, і певна тенденція залишиться в силі на найближчий період. Подвійне експоненціальне згладжування виходить за допомогою подвійного застосування моделі експоненціального згладжування, тобто спочатку модель експоненціального згладжування застосовується до вихідних даних, а потім до змодельованих значень, отриманих на першому етапі. При повторному моделюванні можлива зміна константи  $(1-\alpha)$ .

Основна ідея методу полягає в додаванні значення тренду до прогнозованої моделі експоненціального згладжування значенню.

В даному випадку прогноз може бути описаний за допомогою формули:

$$\forall p, Y_t(p) = \alpha_t + b_t \times p, \quad (2)$$

де  $a_t$  і  $b_t$  - оцінки обчислюються для відрізка часу « $t$ »;

at - це середня величина останнього спостереження  $Y_t$  врівноваженого за допомогою коефіцієнта  $\alpha$  та рівня  $Y_{t-1} = \alpha_{t-1} + b_{t-1}$  прогнозованого для (t) в (t-1), врівноваженого  $(1-\alpha)$ .

Таким чином, ми отримуємо:

$$\alpha = \alpha \times Y_t + (1-\alpha) \times Y_{t-1}, \quad (3)$$

де  $b_t$  - це середньо зважена: похибки між визначеними рівнями в 't' і в 't-1', урівноважена за допомогою коефіцієнта  $\beta$  і нахилом « $b_{t-1}$ », що обчислюється для (t-1), урівноваженим за допомогою  $(1-\beta)$ . Таким чином, ми отримуємо:

$$b_t = \beta \times (\alpha_t - \alpha_{t-1}) + (1-\beta) \times b_{t-1}. \quad (4)$$

Таким чином, загальний вигляд моделі буде наступний:

$$Y_t = (\alpha \times Y_t + (1-\alpha) \times Y_{t-1}) + (\beta \times (\alpha - \alpha_{t-1}) + (1-\beta) \times (b_{t-1})) \quad (5)$$

при  $0 \leq \alpha \leq 1, 0 \leq \beta \leq 1$ .

За допомогою побудованого прогнозу можна побачити загальну тенденцію погіршення стану річок (рис. 3) і зробити висновок, що сучасний стан басейну річки Лопань потребує негайного впровадження природоохоронних заходів, бо до 2020 року очікується досягнення максимального значення ризику здоров'ю населення та продовження випадків масової загибелі риб.



Рис.3. Прогнозування якісного стану річки Лопань методом Хольта на основі визначення динаміки зміни показника ризику здоров'ю населення при рекреаційному водокористуванні

## 5. Висновки

За останні роки поширились випадки масової загибелі риб, що є індикаторним показником надзвичайної екологічної ситуації на багатьох вододілах України. Факт масової загибелі риби та оцінку її наслідків потрібно розглядати не тільки з точки зору нанесення збитків рибному господарству, але це свідчення розвитку деградаційних процесів в водних екосистемах. Необхідно пам'ятати, що більшість водосховищ, в яких спостерігається замор риби, використовується також для питного водопостачання населенню.

В статті показано небезпечні тенденції підвищення температури повітря в Харківській області, що прогнозує збільшення випадків масової загибелі риб в зв'язку з погіршенням гідрохімічних та гідрологічних умов функціонування водних об'єктів.

Проаналізовано потенційний ризик здоров'ю населення при рекреаційному використанні водотоків басейну річки Лопань. Річка Лопань з 1992 року по 2010 рік відносилась до 3 класу зі значним впливом на здоров'я населення, у 1924-25 та у 1977 роках вона відносилась до 4 класу з великим впливом на здоров'я населення, а у 1984 році вона належала 5 класу з дуже великим впливом на здоров'я населення. Річки Харків та Немишля відносяться до 3 класу зі значним впливом на здоров'я населення.

Прогнозування якісного стану річки Лопань методом Хольта на основі визначення динаміки зміни показника ризику здоров'ю населення при рекреаційному водокористуванні показало терміновість впровадження природоохоронних заходів з метою запобігання виникнення надзвичайних ситуацій.

## Література

1. Брагинский, Л.П. Экологическая экспертиза причин массовой гибели рыб. [Текст] / Л.П. Брагинский., О.Н. Давидов – К.: Институт зоологии НАН Украины, 1996. – 128с.
2. Ведемейер, Г. Стресс и болезни рыб. [Текст] / Г. Ведемейер, Ф.Мейер, Л.Смит – М.: Легкая и пищ. пром – ть, 1981. – 126с.
3. Справочник по болезням рыб. [Текст] / Под. ред. В.С. Осетрова. – М.: Колос, 1978. – 349 с.
4. Рекомендації по проведенню досліджень масової загибелі риби при виникненні екстремальних ситуацій на водних об'єктах. [Текст] / О.Г. Васенко, І.Ю. Бузевич, М.В. Старко, Л.В. Голенчук, - Харків, УкрНДІЕП, 1999. – 36с.
5. Фондовые материалы Харьковского областного гидрометеорологического центра за 1945 – 2006 гг.
6. Рыбалова, О.В. Комплексний підхід до визначення екологічного стану басейнів малих річок [Текст] / Рыбалова О.В. // Проблеми охорони навколишнього природного середовища та техногенної безпеки. зб. наук. пр. УкрНДІЕП. – Вип. XXXIII. Харків. - 2011. – С.88-97.
7. Гриценко, А.В. Сучасний екологічний стан української частини річки Сіверський Донець (експедиційні дослідження). [Текст] / А.В. Гриценко, О.Г. Васенко, А.В. Колісник -Харків: ВПП «Контраст», 2011. – 264 с.

## Abstract

Recently, the cases of mass fish death assumed dangerous proportions that causes great economic losses to the state and demonstrates the unfavorable ecological condition of surface waters of the country. The article analyzes

the causes of fish death in order to anticipate and prevent the emergencies on water. The article shows that the main causes of mass fish death are the increase of average temperature and water pollution. The analysis of the temperature dynamics in Kharkiv region showed that the last 60 years saw the tendency of increase of average annual temperatures that affected the hydrochemical and hydrological conditions of reservoirs. The analysis of the condition of the Loppan' river basin based on the identification of potential risk to public health in the period from 1924 to 2010 showed that the river had been in dangerous condition and required immediate implementation of environmental protection measures. To predict the condition of the Loppan' river basin, the method of double exponential smoothing (Holt's method) was used. The results of the studies are necessary to develop the conservation programs to improve the ecological state of Kharkiv region and to minimize the cases of mass fish deaths.

**Keywords:** mass fish death, environmental change, water, risk to public health, Holt's method

УДК 532.63

## МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ФІЛЬТРУВАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ МАТЕРІАЛІВ З КАПІЛЯРНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ

*Запропоновано модель фільтрування з використанням матеріалів з капілярними властивостями. Розраховано допустимий перепад рівнів рідини з різних кінців капілярного фільтру для забезпечення його тривалої ефективної роботи. Отримані залежності дозволяють розраховувати основні параметри капілярного фільтру при заданих характеристиках рідини та властивостях твердих часток*

**Ключові слова:** зневоднення, капіляр, математична модель, тверді частки, розділення фаз

*Предложена модель фильтрации с использованием материалов с капиллярными свойствами. Рассчитан допустимый перепад уровней жидкости с разных концов капиллярного фильтра для обеспечения его продолжительной эффективной работы. Полученные зависимости позволяют рассчитывать основные параметры капиллярного фильтра при заданных характеристиках жидкости и свойствах твердых частиц*

**Ключевые слова:** обезвоживание, капилляр, математическая модель, твердые частицы, разделение фаз

**Я.В. Радовенчик**

Асистент\*

Контактний тел.: 093-697-62-71

E-mail: m.gomelya@kpi.ua

**А.О. Костриця**

Студент

Кафедра екології

Національний університет «Києво-Могилянська Академія»

вул. Г. Сковороди, 2, м. Київ, 04655

Контактний тел.: 097-568-21-56

E-mail: kostritsia@gmail.com

**В.М. Радовенчик**

Доктор технічних наук, доцент\*

Контактний тел.: 050-386-27-81

E-mail: dokeco@ukr.net

**Л.В. Сіренко**

Кандидат технічних наук, доцент\*

Контактний тел.: 066-705-60-26

E-mail: m.gomelya@kpi.ua

\*Кафедра екології та технології рослинних полімерів  
Національний технічний університет України «Київський

політехнічний інститут»

пр. Перемоги, 37, м. Київ, Україна, 03056